

8 吋矽晶圓半導體 LPCVD 製程設備之研發(III)

Research and Development of LPCVD Process Equipment for Eight Inch Single Silicon Wafer (III)

計畫編號：NSC 88-2218-E-009-001

執行期限：87 年 8 月至 88 年 7 月

主持人：林清發	交通大學機械系
共同主持人：林清發	交通大學機械系
曲新生	交通大學機械系
曾俊元	交通大學電工系
林育才	元智大學機械系

一、中文摘要

本整合型群體研發計畫以三年時間(85 年 8 月至 88 年 7 月)改進目前 LPCVD 製程設備設計,經由分析、實驗量測及實作,建立一套新的 LPCVD 製程設備。特別針對化學蒸氣進氣系統、加熱系統及成長未來深具潛力之 Ta₂O₅ 薄膜,進行深入研究。

本群體研究計畫共有四個子計畫。第一子計畫擬改進加熱及進氣系統之設計與整合。第二子計畫將量測加熱燈之能譜及輻射熱傳分佈,並進行晶圓熱應力分析。第三子計畫計算晶圓之輻射熱傳及其受加熱燈排列之影響。第四子計畫將調配化學蒸氣成長 Ta₂O₅ 薄膜,並檢測分析其性質。

這些子計畫將以 Interactive 及 Iterative 的方法整合在一起,一步步改進系統設計及設備。

在第三年的研究裡(87 年 8 月至 88 年 7 月)我們已完成建立一座改良式的 LPCVD 製程設備,在晶圓溫度均勻性及化學蒸氣分佈均勻性方面均有

大幅改善。另外,亦量測出加熱燈源之能譜及輻射熱傳分布。也完成探討 Ta₂O₅ 薄膜的電學和界電性質。

關鍵詞：LPCVD 反應爐、薄膜成長、熱流設計

Abstract

This three-year group research project (August 1996 to July 1999) intends to improve the design of the present LPCVD process equipment. Through a combined numerical modeling, experimental measurement and component installing, an improved LPCVD reactor is established. Considerable attention is paid to study the gas feeding system, heating system and growth of the Ta₂O₅ thin film for future memories.

There are four individual projects in this group research project. The first individual project will improve the heating and gas feeding system design, modeling the gas flow, improving whole LPCVD system design and set up the system. The

second individual project will measure the energy spectral of the heating lamps and thermal radiation heat transfer, and meanwhile will conduct the thermal stress analysis of the wafer. In the third project a detailed computation model will be developed to calculate the net thermal radiation to the wafer and its influence by the arrangement of heating lamps. The fourth project will use the new reactor to grow the Ta₂O₅ thin film and analyze its properties for further improvement of the system.

These individual projects will be unified together through regular iterative discussion and interactive tests and improvements of the system design and the thin film properties.

In the third year of the study (August 1998 to July 1999) we have established an improved LPCVD reactor system. The wafer temperature uniformity and chemical vapor distribution over the wafer are significantly improved. Besides, the energy spectra of the heating lamps and thermal radiation distributions have been measured. Moreover, effects of various parameters on the electrical and dielectrical properties of the Ta₂O₅ thin film have been explored.

KeywordsK LPCVD Reactor, Thin Film Growth, Thermal-Fluid Design

二、計畫緣由與目的

近幾年來由於微電子元件之日益急速微小化及晶片功能之大幅提昇，積體電路已由 VLSI 發展到 ULSI，晶片也將由 8 吋擴大至 12 吋，因此如何精確地控制熱流條件使在大晶圓上成長的各類薄膜能達到均勻厚度、純度、線寬等之要求，以及減低晶片內之熱應力等，實為目前急需解決之重要問題。本整合性計畫之主要目的即在探討如何經由詳細分析，實驗及實作來改進 IC 製程中常用之 LPCVD 反應爐，建立一套新的系統，成長未來深具潛力之氧化物 Ta₂O₅ 薄膜。對於國內自行建立 LPCVD 反應爐之能力甚有助益。

LPCVD 為 IC 晶片製造之重要製程之一，先進國家在這方面已有甚多之研究，但國內做的並不多，尤其是在建立 LPCVD 反應爐設備方面，落後甚多。過去的 IC 晶片製造大多為 resistance heating，較難精確製造細微線路，且能源消耗較多。近來所發展之單一大晶片的 rapid lamp heating 則較省能，細微線路控制較好，但只要少許之溫度不均勻，就容易造成薄膜厚度不均勻，且晶片易受熱應力而變形或破裂。

有關 rapid lamp heating CVD 製程研究，近年來國外已有不少，但如何由國內獨立建立 LPCVD 設備技術則尚需努力。

三、結果與討論

1. 本計畫所建立的改良式 LPCVD 反應爐系統，如圖一所示。此系統在晶圓溫度的均勻性及化學蒸氣

分佈於晶圓上均有大幅改善。

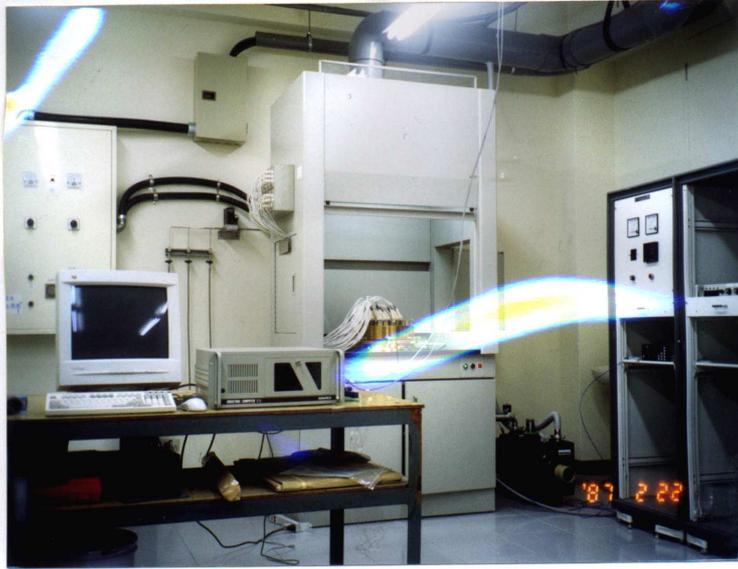
2. 已完成量測燈源之頻譜及輻射熱傳分佈，如圖二。並已完成晶圓熱應力分析。
3. 已完成各參數對 Ta_2O_5 薄膜的電學和介電性質的探討。圖三顯示退火溫度對 leakage current 在不同氣體中之影響。

四、計劃成果自評

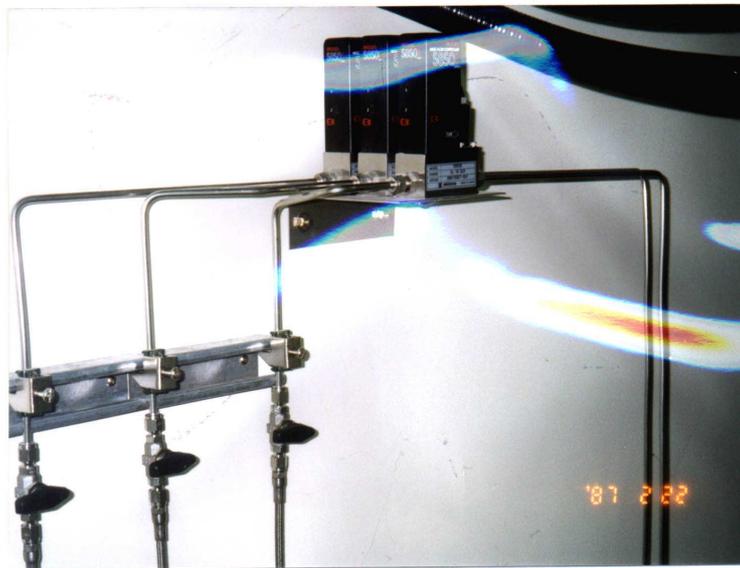
經由本計畫之執行，我們已獲得不少設計 LPCVD 反應爐及成長 Ta_2O_5 薄膜之經驗，並已完成一座改良式的 LPCVD 反應爐系統，此系統將進行再測試及再改進，以便進一步掌握 CVD 反應爐設計技術。

五、參考文獻

1. "Crystal Growth-Theory and techniques. Vol.1" ed., C.H.L Goodman, Plenum Press-London(1974).
2. "Crystal Growth-Theory and Techniques. Vol.1" ed., C.H.L Goodman, Plenum Press-New York(1974).
3. "Crystal Growth: A Fourial", Proc. 3rd Int. Summer School on Crystal Growth, ed., W.Bardsley, D.T.J.Hurel and J.B. Mullin, North-Holland Pub., New York(1979).
4. "Crystal Growth of Electronic Materials", ed. E. Kaldis, North-Holland Pub., Amsterdam(1989).
5. "Crystal Growth in Science and Technology", ed., H. Arend and J.Hulliger, NATO-ASI series, plenum press, New York(1989).
6. "Handbook of Crystal Growth, Vol.1: Fundamentals", ed. D.T.J. Hurel, North-Holland Pub., Amsterdam(1993).
7. "Handbook of Crystal Growth, Vol.2: Bulk Crystal Growth", ed., D.T.J. Hurel, North-Holland Pub., Amsterdam(1993).
8. "Handbook of Crystal Growth, Vol. 3: Thin Film and Epitaxy", ed., D.T.J. Hurel, North-Holland Pub., Amsterdam(1994).
9. H. O. Pierson, "Handbook of chemical Vapor Deposition (CVD)," Noyes Publications, New Jersey(1992).
10. "Handbook of Thin Film Deposition Processes and Techniques, Principles, Methods, Equipment and Applications," ed., K.k. Schuegraf. Noyes Publication, New Jersey(1988).
11. A. Scherman, "Chemical Vapor Deposition for Microelectronics Principles, Technology, and Application," Noyes Publications, New Jersey(1987).
12. A. Feingold and A. Katz Rapid Thermal Low-pressure Metal-Organic Chemical Vapor Deposition (RT-LPMOCVD) of Semiconductor, Dielectric and Metal Film Onto InP and Related Materials, Materials Science and Engineering R113, 57-104(1994).
13. "Chemical Vapor Deposition: Principle and Applications" ed., M. L. Hitchman and K. F. Jensen, Academic Press, San Diefo(1993).
14. S. Sivaram, "Chemical Vapor Deposition: Thermal and Plasma Deposition of Electronic Materials", Van Nostrand Reinhold, New York(1995).
15. P. Van Zant, "Microchip

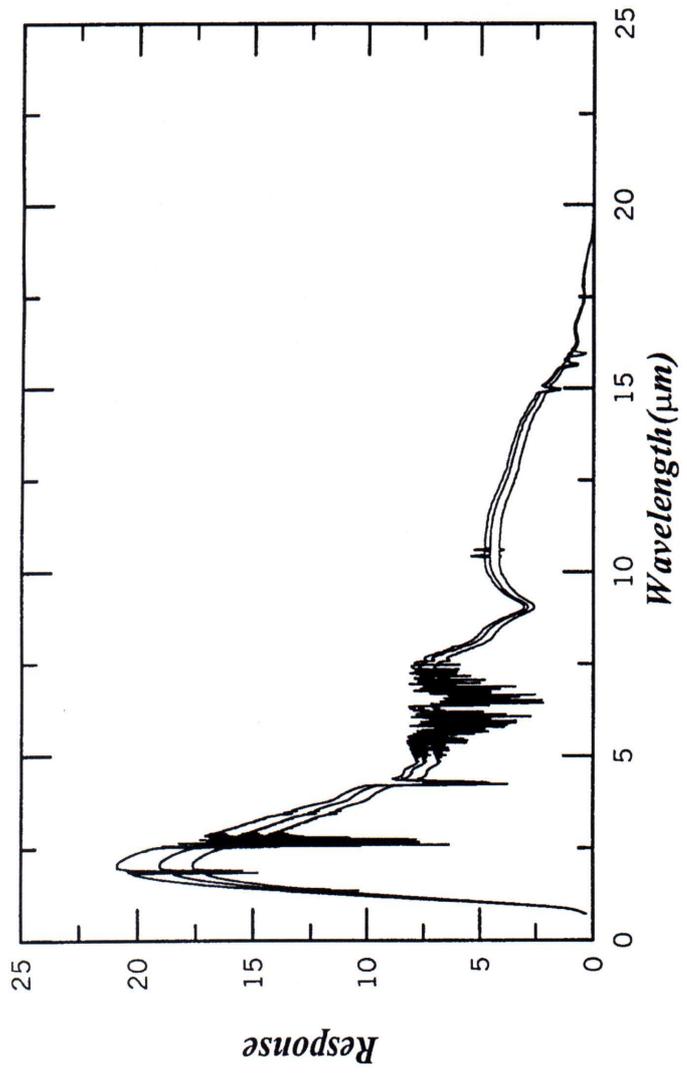


(a)

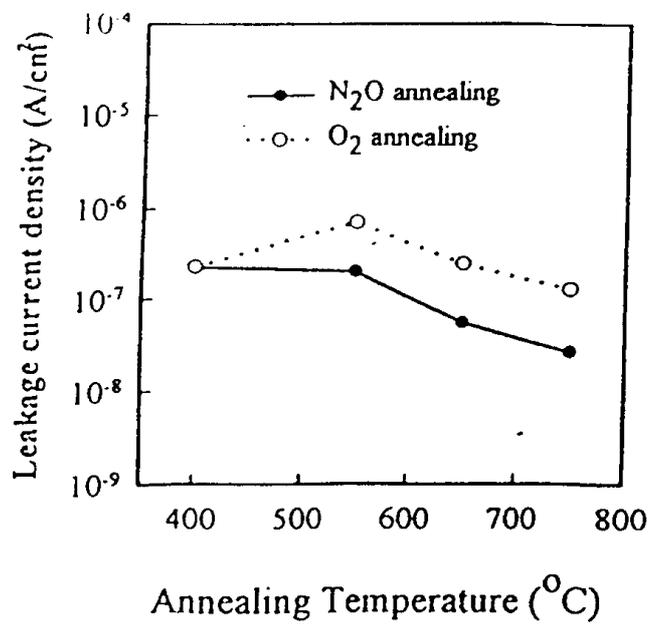


(b)

圖一 (a) 反應爐系統 和 (b) 進氣系統



圖二 不同距離時燈泡之輻射頻譜(5cm、15cm、25cm)



圖三 Effects of annealing temperature and atmospheres on the leakage current density